

研 究 主 論 文 抄 録

論文題目

高効率な汚泥の減容化および富栄養化を防止する新規下水処理システムの開発
(Development of a new sewage treatment system that reduces sewage sludge volumes and prevents eutrophication)

熊本大学大学院自然科学研究科産業創造工学専攻物質生命化学講座
(主任指導 森村 茂 准教授)

論文提出者 安部直樹
(by Naoki Abe)

主論文要旨

2011 年度末での日本国内の下水道普及率は 75.8%に達し、これに伴い発生する下水汚泥量は固形物換算で年間 220 万トンにも達している。下水汚泥発生量は、国内の有機系廃棄物の約 30%を占めており、その対策が緊急の課題となっている。下水汚泥は、その固形分の約 80%が有機物であり、質・量ともに安定したバイオマスエネルギー資源であるが、分解されにくいことから、バイオガスや汚泥燃料としてのエネルギー利用率は 13.7%と低く、約 70%は焼却処分されている。また、下水中には窒素、リンが多く含まれ、閉鎖性水域の富栄養化対策として下水の高度処理対策が必要となっている。下水に流入するリン量は、輸入リンの約 10%に相当しているが、有効利用されている割合は流入の約 10%に過ぎず、今後、下水や下水汚泥からのリン回収や資源化も重要な検討課題である。

このような状況下、バイオガスを回収できる嫌気性消化プロセスは、減容化だけでなくエネルギー回収という観点から見直されている。しかし、嫌気性消化は長時間の処理時間を要するだけでなく、固形物の分解率 (VSS 消化率と呼ぶ。) も 50%以下と低いために、効率の悪い処理法とされている。そこで、嫌気性消化プロセスの VSS 消化率とガス回収率を向上させるために、前処理として汚泥の可溶化について検討した。さらに、窒素除去およびリン回収の検討を行い、エネルギーだけでなく資源回収可能な新規下水処理プロセスの構築を目指した。

下水処理場では、初沈汚泥と余剰汚泥の混合物 (混合汚泥と呼ぶ。) が嫌気性消化により減容化されているが、余剰汚泥は下水処理で発生した細菌が主な構成物であるために高い分解率を達成することが難しい。このため余剰汚泥の可溶化率を高めるために、嫌気性消化の前処理法として低圧湿式酸化、フェントン酸化および熱処理について検討した。各前処理の条件を変化させ VSS 分解率を評価したところ、加熱処理、低圧湿式酸化処理の VSS 分解率が高く、処理温度を高くすれば 64%まで向上した。これら前処理した汚泥の回分法による高温嫌気性消化試験を行った結果、酸素添加量 40% (有機物分解に必要な理論酸素量に対して) の条件で低圧湿式酸化することにより、ガス発生量が他条件に比べ約 2 倍に向上した。そこで、本条件で低圧湿式酸化処理した汚泥を高温嫌気性消化し VSS 消化率を確認した結果、前処理も含めた余剰汚泥の VSS 消化率は 77%と、前処理しない場合に比べて約 30%高い消化率を得ることができた。

一般に下水処理場には消化槽が設置されているので、次に嫌気性消化槽から排出される消化できない汚泥残渣 (未消化汚泥と呼ぶ。) を前処理の対象として検討した。未消化汚泥の前処理法として、低圧湿式酸化、フェントン酸化、アルカリ、オゾン、機械破砕および酵素処理に関して検討した。VSS 分解率が高かった低圧湿式酸化、フェントン酸化およびアルカリ処理した汚泥を高温嫌気性消化処理した結果、低圧湿式酸化処理した汚泥の消化率が最も高く、前処理も含めた VSS 消化率は 83%となり、余剰汚泥の場合よりもさらに高い消化率を

達成することができた。

しかし、嫌気性消化液にはリンおよび窒素が含まれていたため、リン回収および窒素除去プロセスの検討を行った。リンは消化液中の汚泥にも含まれるため、固液分離した後、上澄液および固形物からのリン回収を検討した。上澄液中のリンは MAP 法により 98%回収できた。また、沈殿物については pH1.7 の条件で脱灰処理を行い、その後 pH を 7 にすることにより汚泥中のリンをほぼ回収できた。また、MAP 処理後に残存する窒素は生物学的窒素処理により容易に除去された。

そこで、嫌気性消化槽から排出される未消化汚泥の低圧湿式酸化、リン回収および窒素除去を組み込んだ処理システムの構築を目指した。未消化汚泥を低圧湿式酸化後、固液分離し上澄液は MAP 法によりリンを回収、その後、生物学的窒素処理により窒素を除去した。一方、沈殿物は脱灰処理し、溶出したリンをリン酸カルシウムとしてほぼ 100%回収できた。リンを回収した残渣の VSS は、未消化汚泥の約 40%に減容化していたため、残渣の全量を嫌気性消化槽に返送させ混合汚泥とともに嫌気性消化させた結果、VSS を完全に消化することができた。

以上、既設の下水処理場に未消化汚泥処理プロセスを付設することにより汚泥および窒素を排出しないで、しかもリンを回収できる新規な下水処理プロセスを開発することができた。